

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-250775

(43)Date of publication of application : 06.09.2002

(51)Int.Cl. G01V 1/22
G06F 17/30
G06F 17/40
G08B 25/08
G08C 15/00
// G08B 21/10

(21)Application number : 2001-047684

(71)Applicant : TOKYO GAS CO LTD
JAPAN ENGINEERING
CONSULTANTS CO LTD
TG JOHO NETWORK:KK

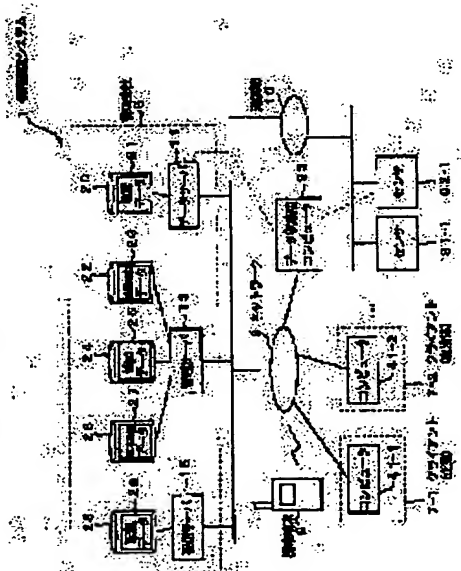
(22)Date of filing : 23.02.2001

(72)Inventor : SHIMIZU YOSHIHISA
KOGANEMARU KENICHI
NAKAYAMA WATARU
ISOYAMA RYUJI
ISHIDA EISUKE
TAKADA MITSURU

(54) INFORMATION COMMUNICATION SYSTEM, SERVER COMPUTER, AND RECORDING MEDIUM**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an information communication system which take high-precision analysis based upon information measured by sensors, updates a zoning map, etc., and distributes earthquake information at an arbitrary point in real time according to the zoning map.

SOLUTION: The sensors 31-1, 31-2, etc., measure earthquake shakes. A data server 11 gathers the measurement data and holds them as earthquake data 21. A managing server 13 takes analysis according to the earthquake data 21, and generates and distributes distributed data 29 of the zoning map, etc., according to the map data 24, etc. A distributing server 15 distributes the distributed data 29 to computers 41-1, 41-2, etc., and a portable terminal 9.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

BEST AVAILABLE COPY

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号 √

特開2002-250775

(P2002-250775A)

(43) 公開日 平成14年9月6日(2002.9.6)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
G 0 1 V 1/22		G 0 1 V 1/22	2 F 0 7 3
G 0 6 F 17/30	1 7 0	G 0 6 F 17/30	1 7 0 C 5 B 0 7 5
17/40	3 1 0	17/40	3 1 0 B 5 C 0 8 6
	3 3 0		3 3 0 A 5 C 0 8 7
G 0 8 B 25/08		G 0 8 B 25/08	Z

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-47684(P2001-47684)

(22) 出願日 平成13年2月23日(2001.2.23)

(71) 出願人 000220262

東京瓦斯株式会社

東京都港区海岸1丁目5番20号

(71) 出願人 599052967

日本技術開発株式会社

東京都中野区本町5丁目33番11号

(71) 出願人 390031897

株式会社ティージー情報ネットワーク

東京都新宿区西新宿三丁目7番1号

(74) 代理人 100096091

弁理士 井上 誠一

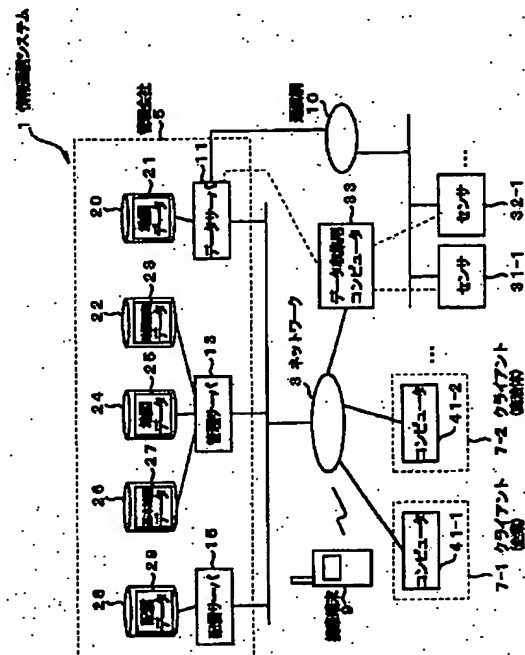
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 情報通信システム、サーバコンピュータ、及び記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 センサが計測した情報を基に高精度な解析を行い、ゾーニングマップ等を更新し、かつ大地震が起った場合に、そのゾーニングマップを基に任意地点の地震情報をリアルタイムに配信する情報通信システムを提供すること。

【解決手段】 センサ31-1、31-2、…は地震動の計測を行う。データサーバ11はその計測データを収集し、地震データ21として保持する。管理サーバ13は地震データ21を基に解析を行い、地図データ24等を基にゾーニングマップ等の配信データ29を作成、更新する。配信サーバ15は、ネットワーク3を介して、コンピュータ41-1、41-2、…、携帯端末9に配信データ29を配信する。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 地震動を計測するセンサと、サーバコンピュータと、を具備し、前記サーバコンピュータは、地図データを保持する保持手段と、前記センサの計測情報を収集し、解析する解析手段と、前記地図データと解析手段による解析結果を基に、配信データを作成する作成手段と、を具備することを特徴とする情報通信システム。

【請求項 2】 前記センサは、地震の加速度、S I 値、波形、地震による液状化の有無等を計測することを特徴とする請求項 1 記載の情報通信システム。

【請求項 3】 前記センサは、整圧器に隣接して設置されることを特徴とする請求項 1 記載の情報通信システム。

【請求項 4】 前記解析手段は、前記センサで計測した S I 値及び S I 増幅度から共通基盤 S I 値を求める共通基盤 S I 値解析手段を有することを特徴とする請求項 1 記載の情報通信システム。

【請求項 5】 前記解析手段は、前記センサに近い他のセンサの地点を所定の点数だけ検索し、前記共通基盤 S I 値解析手段によって解析された、前記他のセンサ地点の共通基盤 S I 値と、前記センサと前記他のセンサとの距離と、を基にして、地表面 S I 値分布を求める地表面 S I 値分布解析手段を有することを特徴とする請求項 1 記載の情報通信システム。

【請求項 6】 前記解析手段は、前記地表面 S I 値分布解析手段によって計算された地表面 S I 値と、前記センサによって計測された地震動の最大加速度を基に、液状化層厚率を計算する液状化層厚率解析手段を有することを特徴とする請求項 1 記載の情報通信システム。

【請求項 7】 前記解析手段は、前記センサに近い他のセンサの地点を所定の点数だけ検索し、前記液状化層厚率解析手段によって解析された、前記他のセンサ地点の液状化層厚率と、前記センサと前記他のセンサとの距離と、を基にして、液状化層厚を求める液状化層厚解析手段を有することを特徴とする請求項 1 記載の情報通信システム。

【請求項 8】 前記解析手段は、前記液状化層厚解析手段によって解析された液状化層厚を用いて、ガス管の管種毎に被害状況を解析する被害状況解析手段を有する請求項 1 記載の情報通信システム。

【請求項 9】 前記被害状況解析手段によって解析された被害状況や前記センサによる計測情報を基に、前記サーバコンピュータは前記センサに前記整圧器の制御指令

を出力することを特徴とする請求項 1 記載の情報通信システム。

【請求項 10】 前記センサは中小地震の地震動を計測し、前記解析手段は、前記センサの計測情報を基に解析を行い、ゾーニングマップを更新することを特徴とする請求項 1 記載の情報通信システム。

【請求項 11】 前記ゾーニングマップを基に、建物建設時に想定地震によるリスク予測を行い、建物設計等に関するアドバイスを行うことを特徴とする請求項 1 記載の情報通信システム。

【請求項 12】 地震動を計測するセンサと、サーバコンピュータと、ネットワークを介して前記サーバコンピュータに接続するコンピュータと、を具備し、前記サーバコンピュータは、地図データを保持する保持手段と、前記センサの計測情報を収集し、解析する解析手段と、を具備し、前記地図データと解析手段による解析結果を基に、配信データを作成し、前記コンピュータに配信することを特徴とする情報通信システム。

【請求項 13】 地震動を計測するセンサに接続するサーバコンピュータであって、地図データを保持する保持手段と、前記センサの計測情報を収集し、解析する解析手段と、前記地図データと解析手段による解析結果を基に、配信データを作成する作成手段と、を具備することを特徴するサーバコンピュータ。

【請求項 14】 前記センサは、地震の加速度、S I 値、波形、地震による液状化の有無等を計測することを特徴とする請求項 13 記載のサーバコンピュータ。

【請求項 15】 前記センサは、整圧器に隣接して設置されることを特徴とする請求項 13 記載のサーバコンピュータ。

【請求項 16】 前記解析手段は、前記センサで計測した S I 値及び S I 増幅度から共通基盤 S I 値を求める共通基盤 S I 値解析手段を有することを特徴とする請求項 13 記載のサーバコンピュータ。

【請求項 17】 前記解析手段は、前記センサに近い他のセンサの地点を所定の点数だけ検索し、前記共通基盤 S I 値解析手段によって解析された、前記他のセンサ地点の共通基盤 S I 値と、前記センサと前記他のセンサとの距離と、を基にして、地表面 S I 値分布を求める地表面 S I 値分布解析手段を有することを特徴とする請求項 13 記載のサーバコンピュータ。

【請求項 18】 前記解析手段は、前記地表面 S I 値分布解析手段によって計算された地表

面 S I 値と、

前記センサによって計測された地震動の最大加速度を基に、液状化層厚率を計算する液状化層厚率解析手段を有することを特徴とする請求項 13 記載のサーバコンピュータ。

【請求項 19】 前記解析手段は、前記センサに近い他のセンサの地点を所定の点数だけ検索し、前記液状化層厚率解析手段によって解析された、前記他のセンサ地点の液状化層厚率と、前記センサと前記他のセンサとの距離と、を基にして、液状化層厚を求める液状化層厚解析手段を有することを特徴とする請求項 13 記載のサーバコンピュータ。

【請求項 20】 前記解析手段は、前記液状化層厚解析手段によって解析された液状化層厚を用いて、ガス管の管種毎に被害状況を解析する被害状況解析手段を有する請求項 13 記載のサーバコンピュータ。

【請求項 21】 前記被害状況解析手段によって解析された被害状況や前記センサによる計測情報を基に、前記サーバコンピュータは前記センサに前記整圧器の制御指令を出力することを特徴とする請求項 13 記載のサーバコンピュータ。

【請求項 22】 前記センサは中小地震の地震動を計測し、前記解析手段は、前記センサの計測情報を基に解析を行い、ゾーニングマップを更新することを特徴とする請求項 13 記載のサーバコンピュータ。

【請求項 23】 前記ゾーニングマップを基に、建物建設時に想定地震によるリスク予測を行い、建物設計等に関するアドバイスをを行うことを特徴とする請求項 13 記載のサーバコンピュータ。

【請求項 24】 コンピュータを、請求項 13 記載のサーバコンピュータとして動作させるためのプログラムを記録した記録媒体。

【請求項 25】 コンピュータを、請求項 13 記載のサーバコンピュータとして動作させることを特徴としたプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、地震が発生した場合に、各地に高密度に設置されたセンサにより地震情報を収集し、解析し、地盤情報を更新すると共に、クライアントに解析結果等の地震情報を配信する情報通信システム、サーバコンピュータ、及びプログラムを記録した記録媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、大地震が発生した場合の被害状況等のゾーニングマップは、地形図やボーリング結果等を基に作成されていた。また、地震が起った際に、メディ

ア等を介して一般人にリアルタイムに伝えられる情報は、主に震度、津波の有無くらいであった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このように、地形図やボーリング結果等を基に作成したゾーニングマップでは、液状化等の被害状況等を高精度に予測することができないといった問題があった。また、地震が起った場合に、地震動を観測した地点ごとに、地震に関するさまざまな情報をリアルタイムに配信するシステムはなかった。

【0004】本発明は、このような問題を鑑みてなされたもので、その目的とするところは、中小地震発生時の各地の記録情報を収集、解析した結果を反映させた高精度なゾーニングマップを作成、配信し、更に大地震が起った場合に、そのゾーニングマップを基に任意地点の地震情報を配信する情報通信システムを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】前述した目的を達成するための第 1 の発明は、地震動を計測するセンサと、サーバコンピュータと、を具備し、前記サーバコンピュータは、地図データを保持する保持手段と、前記センサの計測情報を収集し、解析する解析手段と、前記地図データと解析手段による解析結果を基に、配信データを作成する作成手段と、を具備することを特徴とする情報通信システムである。第 1 の発明では、サーバコンピュータがセンサの計測情報を基に解析を行い、その地図データと解析結果を基に配信データを作成する。この配信データにはゾーニングマップ等がある。ゾーニングマップは解析結果を基に更新されるため、従来のボーリング調査等により作成したゾーニングマップに比べて、高精度なものとなる。

【0006】第 2 の発明は、地震動を計測するセンサと、サーバコンピュータと、ネットワークを介して前記サーバコンピュータに接続するコンピュータと、を具備し、前記サーバコンピュータは、地図データを保持する保持手段と、前記センサの計測情報を収集し、解析する解析手段と、を具備し、前記地図データと解析手段による解析結果を基に、配信データを作成し、前記コンピュータに配信することを特徴とする情報通信システムである。第 2 の発明では、サーバコンピュータがセンサの計測情報を基に解析を行い、その解析結果と地図データを基にゾーニングマップ等の配信データを作成し、コンピュータに配信する。

【0007】第 3 の発明は、地震動を計測するセンサに接続するサーバコンピュータであって、地図データを保持する保持手段と、前記センサの計測情報を収集し、解析する解析手段と、前記地図データと解析手段による解析結果を基に、配信データを作成する作成手段と、を具備することを特徴するサーバコンピュータである。第 3

の発明では、サーバコンピュータがセンサの計測情報を基に解析を行い、その地図データと解析結果を基に配信データを作成する。

【0008】第4の発明は、コンピュータを第3の発明のサーバコンピュータとして動作させるためのプログラムを記録した記録媒体である。第5の発明は、コンピュータを第3の発明のサーバコンピュータとして動作させることを特徴としたプログラムである。

【0009】

【発明の実施の形態】以下に、図面に基づいて本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1は、本発明の実施の形態に係る情報通信システム1の概略構成図である。

【0010】情報通信システム1は、ネットワーク3、データサーバ11、管理サーバ13、配信サーバ15、データ収集用コンピュータ33、コンピュータ41-1、41-2、…、携帯電話9、通信網10、センサ31-1、31-2、…等から構成される。

【0011】ネットワーク3はインターネット等である。データサーバ11、管理サーバ13、配信サーバ15、データ収集用コンピュータ33はネットワーク3に接続され、管理会社5に設置される。なお、データサーバ11、管理サーバ13、配信サーバ15は1つのサーバコンピュータとして一体化することも可能である。

【0012】データサーバ11は地震データ21を格納するデータベース20を有する。地震データ21は、地震が起った際に地震動を観測した地点におけるセンサ31-1、31-2、…によって記録された地震に関する記録情報である。センサ31-1、31-2、…は各地に設置されたセンサであり、機能等に関しては後に詳細に説明する。

【0013】地震が起った場合に、センサ31-1、31-2、…は地震動に関する情報を計測、記録する。センサ31-1、31-2、…によって計測された情報は、公衆回線や無線といった通信回線10を介してデータサーバ11に送られる。また、データ収集用コンピュータ33が、センサ31-1、31-2、…から地震動に関する計測情報を収集し、ネットワーク3を介して、或いは無線等により、データサーバ11に計測情報を送信してもよい。

【0014】管理サーバ13は、地震活動データ23を格納するデータベース22、地図データ25を格納するデータベース24、基本地盤データ27を格納するデータベース26を有する。

【0015】地震活動データ23は、どれくらいのマグニチュードの地震が、どのくらいの頻度で発生しているか等のデータであり、このデータを基にして任意の地点での地震動の発生確率が推定できる。地図データ24は地図に関するデータである。基本地盤データ26は地盤に関するデータであり、初期はボーリング調査による地盤調査結果等に関するデータであり、後述する解析等に

より更新される。

【0016】配信サーバ15は配信データ29を格納するデータベース28を有する。配信データ29は、後述のように地震活動データ22、地図データ24、基本地盤データ26、及び地震動が発生した際の解析結果を基に管理サーバ13によって作成される。

【0017】配信データ29には、例えば、地震発生時の各地域毎の揺れ易さや液状化の可能性を表示したゾーニングマップ等がある。配信サーバ15は、ネットワーク3を介して、配信データ29を携帯端末9、コンピュータ41-1、41-2、…等に配信する。

【0018】携帯端末9は、携帯電話、PHS、PDA端末等である。コンピュータ41-1、41-2、…はクライアント7-1、7-2、…等に設置される。クライアント7-1、7-2、…は、企業、自治体、公共機関等である。

【0019】次に、本情報通信システム1による動作について説明する。図2、図3は、本システムによる情報収集、及び配信処理の概要を示すフローチャートである。

【0020】本システムは地震が発生した場合、その地震が中小地震か、大地震かによって処理が異なる。中小地震が起きた場合、データサーバ11は各地に設置されたセンサ31の計測情報を収集し、地震データ21としてデータベース20に格納する（ステップ201）。

【0021】次に、管理サーバ13はデータサーバ11から地震データ21を受け取り、解析を行う（ステップ202）。管理サーバ13は、解析結果、地震活動データ23、地図データ25、基本地盤データ27とを組み合わせて、配信データ29を作成し、データベース28に格納する。

【0022】次に、配信サーバ15は、クライアント7-1、7-2、…等からの要求に応じて配信データ29をコンピュータ41-1、41-2、…や携帯端末9等に配信する（ステップ204）。

【0023】次に、大地震が発生した場合、データサーバ11は各地のセンサ31の計測情報を収集し、地震データ21としてデータベース20に格納する（ステップ211）。

【0024】次に、管理サーバ13はデータサーバ11から地震データ21を受け取り、被害状況等を解析する（ステップ212）。管理サーバ13は、計測情報や解析結果を基に、整圧器を遠隔遮断する必要があるかどうか等を判定し（ステップ213）、必要がある場合は整圧器の遮断指令を出す（ステップ214）。

【0025】管理サーバ13は、解析結果、地震活動データ23、地図データ25、基本地盤データ27とを組み合わせて、配信データ29を作成し、データベース28に格納する（ステップ215）。

【0026】次に、配信サーバ15は、クライアント7

ー1、7-2、…等からの要求に応じて配信データ29をコンピュータ41-1、41-2、…や携帯端末9等に配信する(ステップ216)。尚、大地震が発生した場合は、計測情報の収集、解析等を迅速に行い、リアルタイムに配信データ29をクライアント7等に配信することを特記しておく。

【0027】以下、各ステップについて詳細に説明する。

(ステップ201) 図4はセンサ31の外観を示す図である。図5は、センサ31の設置箇所を説明するための図である。センサ31は図5に示す整圧器(ガバナ)57に隣接して設置され、整圧器57と一緒に金属の箱に入れられて設置される。

【0028】整圧器57は、ガスホルダ53に接続する中圧管55内を流れるガスの圧力を、需要家61-1、61-2、…に接続する低圧管59用の圧力に調整する。

【0029】図6はセンサ31の内部構造を示す図である。センサ31は防爆ケース71の内部に加速度センサピックアップ73、CPU75、RAM77、自己診断機能回路79等を有する。

【0030】加速度センサピックアップ73は地震動を検出するセンサであり、振動を電気的信号に変換する圧電素子等からなる。CPU75は中央演算処理装置であり、地震動の計測値や波形を解析する。RAM77は地震動の波形、計測値、解析値等を記憶する。自己診断機能回路79は、加速度センサピックアップ73、CPU75、RAM77等の診断を常時行う。

【0031】図7はセンサ31の機能を示す図である。センサ31の機能には、加速度計測82、SI値計算83、波形記録84、液状化検知85、制御86、自己診断87等がある。

【0032】加速度計測82は地震の加速度を計測する機能である。SI値計算83は地震動からSI値を計算する機能である。SI値とは地震によって一般的な建築物等によどの程度被害が生じるかを数値化したものである。

【0033】図8は、速度応答スペクトルと周期を示す図である。速度応答スペクトルは地震動が構造物に与える最大のエネルギーを表す。周期は地震動を受ける構造物の周期である。周期は構造物により変化するが、ある程度剛性の高い構造物では、主要な周期は0.1secから2.5secの間にあるものと考え、この間にある振動の速度の平均値がSI値となる。

【0034】

【数1】

$$SI = \int_{0.1}^{2.5} Sv(h, T) dT \quad \dots (1)$$

ここで、 S_v は速度応答スペクトルを、 T は周期を、 h

は減衰定数を示す。図8に示す陰影を付けた部分は、 $h=0.02$ とした場合のSI値である。地震動のSI値は、図6に示すCPU75によって計算される。

【0035】波形記録84は、地表面加速度波形等を記録する機能である。液状化検知85は地震動による液状化状況を検知する機能であり、地表面加速度波形を利用して液状化を検知することができる。

【0036】制御86は、遠隔からの制御指令を受け、処理を行う機能であり、例えば隣接する整圧器57を遮断するなどという指令を受け、遮断処理を行うものである。自己診断87は、加速度センサピックアップ73、CPU75、RAM77等が正常に動作できるかどうかの診断を行う機能である。

【0037】情報出力88は、センサ31が計測、解析した圧力、加速度、SI値、波形等の情報をデータサーバ11やデータ収集用コンピュータ33等に送信する機能である。

【0038】以上述べたように、センサ31は地震動の情報を計測、記録し、データサーバ11やデータ収集用コンピュータ33等に送信する。データサーバ11は情報を地震データ21としてデータベース20に格納する。

【0039】センサ31の設置箇所は前述のように整圧器57と同じ位置であるが、整圧器57は各地に多数配置されているため、センサ31によって地震動を観測する地点も多数となり、高密度な地震動情報を収集することができる。

【0040】(ステップ202) 次に、地震データ21を基に管理サーバ13が行う解析について説明する。図9は、センサ地点の共通基盤SI値の計算手順を示すフローチャートである。管理サーバ13は、各センサ31の計測情報内部にSI増幅度の情報があるかどうかを判定する(ステップ301)。

【0041】センサ地点、即ち地表におけるSI値をSI2とし、基盤(固い地盤)におけるSI値をSI1とした場合に、SI増幅度は $(SI2/SI1)$ である。即ち、SI増幅度は、基盤に対して地表が何倍揺れるかを示すものである。

【0042】センサ31の計測情報内にSI増幅度がない場合、管理サーバ13はセンサ31の位置情報より該当するメッシュを検索し(ステップ302)、該当するメッシュにメッシュSI増幅度があるかどうかを判定する(ステップ303)。

【0043】当該メッシュのSI増幅度がない場合、管理サーバ13は当該メッシュを計算対象から除外する(ステップ304)。当該メッシュのSI増幅度がある場合、管理サーバ13はそのメッシュSI増幅度をセンサ地点のSI増幅度とする(ステップ305)。ステップ301において、センサ31の計測情報内にSI増幅度がある場合、管理サーバ13はセンサの計測値をSI

10

20

30

40

50

増幅度とする（ステップ306）。

【0044】図10はメッシュを示す図である。観測地域はメッシュM1、M2、M3、M4、M5、M6、…等に分割される。図10に示すメッシュM1、M2、M3、M4、M5、M6、…の大きさは一辺が50mの正方形であるが、メッシュの大きさは任意に設定可能である。

【0045】センサ31-1はメッシュM2に存在する。例えば、センサ31-1がSI増幅度の情報を持たない場合、メッシュM2のメッシュSI増幅度をセンサ31-1の設置地点のSI増幅度とする。

【0046】こうして各センサ31の記録したSI値を当該SI増幅度で除算して、センサ31地点の共通基盤SI値を求める（ステップ307）。

【0047】次に、求められた共通基盤SI値を用いて、メッシュ地表面SI値分布を求める。図11はメッシュ地表面SI値分布を求める計算手順を示すフローチャートである。

【0048】管理サーバ13は、計算地点から5km（キロメートル）以内に存在するセンサ31の地点iに近い方から5点検索する（ステップ401）。図9に示すフローのステップ301においてセンサ地点にSI増幅度があれば、計算地点はセンサ地点とする。ステップ301においてセンサ地点にSI増幅度がなく、ステップ305でメッシュSI増幅度を使用した場合は、計算地点はメッシュの中心点であり、例えば図10に示すメッシュM2では中心点CPが計算地点となる。

【0049】次に、計算地点から5km以内の範囲にセンサ地点iが2点以上あるかどうかを判定し（ステップ402）、もし5km以内に2点以上なければ計算地点から近いセンサ31の地点を2点検索する（ステップ403）。

【0050】メッシュ共通基盤SI値の補間を行い（ステップ405）、メッシュ共通基盤SI値分布を求める（ステップ406）。メッシュ共通基盤SI値の補間値は次式にて求められる。

【数2】

$$BSI = \sum_{i=1}^n ((1/r_i^2) \cdot BSI_i) / \sum_{i=1}^n (1/r_i^2) \cdots (2)$$

ここで、BSIは補間結果（補間値）であり、BSI_iは検索されたセンサ地点iの共通基盤SI値であり、r_iは検索されたセンサ地点iからの距離である。また式中のnはセンサ地点iの数であり、ステップ401にてセンサ地点が5点あればn=5、3点であればn=3となる。

【0051】図12は、センサ31-1の位置を計算地点とした場合の5km以内の範囲を示す図である。例えば、センサ31-1から5km以内の範囲Sにセンサ31-2、31-3、31-4、31-5、31-6が存在し、それぞれのセンサまでの距離がr₁、r₂、

r₃、r₄、r₅とする。

【0052】このセンサ31-2、31-3、31-4、31-5、31-6の地点における共通基盤SI値、及び距離r₁、r₂、r₃、r₄、r₅を（2）式に代入し、センサ31-1、31-2、31-3、31-4、31-5、31-6を含むメッシュ領域のメッシュ共通基盤SI値の補間が行われ、分布が求められる。

【0053】こうして求められたメッシュ共通基盤SI値の分布に、メッシュSI増幅度を乗算して（ステップ406）、メッシュ地表面SI値分布を求める（ステップ407）。この解析結果を基に基本地盤データ27等が更新される。

【0054】図13は観測データによる揺れ易さの修正を説明するための図である。揺れ易さとは地盤増幅度を示す。例えば、図13に示す「修正前」の確率分布曲線は、ボーリング調査等による基本地盤データ27から求めた揺れ易さである。次に、中小地震の観測データを基に前述のような解析を行った結果を基に、揺れ易さの頻度分布を求め、「修正後」の確率分布曲線を求める。こうして、揺れ易さの期待値が更新される。このように中小地震発生時におけるセンサ31による地震動観測データを基に解析を行うことによって、地盤分布やボーリング調査等から推測する基本地盤データ27を更新し、より精度の高い基本地盤データ27を得ることができる。

【0055】（ステップ203、ステップ204）以上述べた解析結果及び地震活動データ23、地図データ25、基本地盤データ27等を基に、管理サーバ13は、ゾーニングマップ（分布図）等を作成し、ネットワーク3上で提供可能な形式の配信データ29を作成する。

【0056】図14から図18はゾーニングマップを示す。図14はボーリング等で調査した東京近郊の地形分布を示す図である。図15はボーリング地点のSI値増幅度を示す。

【0057】図16から図18は地表面SI値のゾーニングマップである。（Qこれは正しいでしょうか？）図16は、図11に示すフローチャートのステップ404（または（2）式）においてnの最大値が「5」であり、最小値が「0」である場合の解析結果を示し、図17はnの最大値が「5」であり、最小値が「2」である場合の解析結果を示す。図18は、図11のステップ401で指定した範囲を「5km」ではなく、「2km」にして、（2）式においてnの最大値が「5」であり、最小値が「0」である場合の解析結果を示す図である。

【0058】これらのゾーニングマップは、中小地震発生時におけるセンサ31による地震動観測データを基に行われる解析の結果を基に更新される。即ち、中小地震が発生し、解析を行うたびにゾーニングマップが更新され、従来のボーリング調査等によるゾーニングマップに比べて、より高精度なゾーニングマップを作成することができる。

【0059】管理サーバ13は、これらのゾーニングマップや地図データ25等を基に配信データ29を作成し、データベース28に格納する。配信サーバ15は配信データ29を管理する。

【0060】クライアント7-1、7-2、…はコンピュータ41-1、41-2、…を用いてネットワーク3を介して配信サーバ15に接続し、配信データ29等を閲覧することが可能である。

【0061】図19はコンピュータ41-1による配信データ29のブラウズ方法を示す図である。例えば、クライアント7-1（企業）は、配信データ29を提供するURLをコンピュータ41-1から入力し、自社ビルのある地域の地図を示す画面171をコンピュータ41-1上に表示する。

【0062】画面171において自社ビルのある位置をマウスでクリックするなどして指定すると、その位置を含む地域の揺れ易さ等を示す画面173が表示される。更に、過去の大地震を想定して、その想定自身における地震震度や液状化の可能性等の推定結果を示す画面175を表示させることが可能である。（液状化の解析については後に詳細に述べる。）

【0063】こうしてクライアント7-1、7-2、…等は、地震に関する情報を必要に応じて得ることができる。尚、携帯端末9からも同様に情報を閲覧し、得ることが可能である。

【0064】また、管理会社5は、これらの解析結果や地震動情報を基に、クライアント7-1、7-2、…等に既存の建築構造物の耐震のための安全策や今後建設予定の構造物の建設に対するアドバイス等を行うこともできる。

【0065】例えば、クライアント7-1である企業が自社ビルを建設する場合、「兵庫県南部地震」を想定して、建設予定地の地震荷重や液状化に至る確率等を予測し、建物等の設計強度等に対するアドバイスが行われ

$$U = (\lambda (SI)^2 / A_{max}) \quad (3)$$

ここで、 $\lambda = 2$ であるが、可変である。

【0073】次に、液状化層厚（足切前） H は次式によ

$$H = (\pi/2) (1/\gamma_{liq}) \cdot U \quad (4)$$

ここで、 $\gamma_{liq} = 0.01875$ であるが、可変である。

$$H_{mod} = \min(H, H_{lim}) \quad (5)$$

ここで、 H_{lim} は当該メッシュ液状化層限界厚さである。図21は東京東部における液状化層限界厚さの分布図である。液状化層限界厚さはボーリング等の調査によって既知の値となる。液状化層厚（足切後） H_{mod} は、液状化層厚（足切前） H と当該メッシュ液状化層限界厚さ H_{lim} の内、小さい値をとる。

【0075】次に、管理サーバ13は、センサ31地点の液状化層厚率 θ を次式にて求める（ステップ509）。

る。これらのアドバイスは、中小地震の計測データを解析して更新したゾーニングマップ等を用いて行われる。

【0066】次に、大地震が起った場合のリアルタイムに行われる解析や情報配信について説明する。

（ステップ211、ステップ212）大地震が発生した場合においても、各地のセンサ31からの情報収集（ステップ211）は、ステップ201の場合と同様に行われる。

【0067】大地震が発生すると、液状化などが起り、その液状化現象がガス管等に与える被害状況を迅速に解析し、必要に応じて整圧器57等を遮断する必要がある。以下にその液状化の解析、及びガス管に対する被害状況の解析について説明する。

【0068】図20はセンサ地点における液状化層厚の計算手順を示すフローチャートである。管理サーバ13は、センサ31の位置情報から該当するメッシュを検索する（ステップ501）。

【0069】次に、管理サーバ13は、当該メッシュの地表面SI値、最大加速度 A_{max} の値があるかどうかを判定し（ステップ502）、値がない場合は当該メッシュを計算対象から除外する（ステップ503）。

【0070】最大加速度 A_{max} は、センサ31により検出した水平方向成分 x と垂直方向成分 y とから $(x^2 + y^2)^{1/2}$ として求められる。この算出方法は特願平8-276689に詳細に記載されている。

【0071】当該メッシュのSI値が20kine以上で、かつ、最大加速度 A_{max} が100gal以上であるかを判定し（ステップ504）、この条件を満たさなければ、液状化層厚 $H_{mod} = 0$ 、即ち「液状化はしない」とされる（ステップ505）。

【0072】当該メッシュのSI値が20kine以上で、かつ、最大加速度 A_{max} が100gal以上である場合、推定変位 U は次式によって求められる（ステップ506）。

（3）
って求められる（ステップ507）。

【0074】次に、液状化層厚（足切後） H_{mod} は次式によって求められる（ステップ508）。

$$\theta = H_{mod} / H_{lim}$$

液状化層厚率 θ は、液状化限界厚さ H_{lim} に対する液状化層厚（足切後） H_{mod} の比であり、「1.0」より小さい値を取る。

【0076】このようにして求められた各センサ地点 i の液状化層厚率 θ_i を用いて、液状化層厚分布を求める。図22は液状化層厚分布の計算手順を示すフローチャートである。

【0077】管理サーバ13は、計算地点から5km以

内に存在するセンサ 31 の地点 i を近い方から 5 地点検索する (ステップ 601)。計算地点とはメッシュの中心点である。

【0078】検索されたセンサ地点 i が 2 点以上あるかどうかを判定し (ステップ 602)、5 km 以内の範囲にセンサ地点 i が 2 点以上ない場合は計算地点から近いセンサ地点 i を 2 点検索する (ステップ 603)。

【0079】こうして検索した地点 i の液状化層厚率 θ_i を用いて、次式にて液状化層厚率の補間を行い、液状化層厚率の分布を求める (ステップ 604)。

【数 3】

$$H = \theta_h \cdot H_{lim}$$

【0081】図 23 は図 22 に示す計算に従って求められた東京東部における液状化層厚分布を示す図である。このように本実施の形態を用いれば、センサ 31 を設置した地点だけでなく、そのセンサ 31 の情報から液状化の分布を把握することができる。

【0082】次に、大地震発生時の液状化によるガス管の被害状況の解析について述べる。図 24 はガス管の被害状況を計算する手順を示すフローチャートである。管

$$R_m(SI) = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot R \cdot \Phi(x) \cdot ((\ln(SI) - \lambda) / \xi) \quad (8)$$

ここで、 SI は当該メッシュ地表面 SI 値、 C_1 は管種による補正係数、 C_2 は該当メッシュの地形による補正係数、 C_3 は該当メッシュの液状化層厚 H_{mod} による補正係数、 R は沖積平野の被害率の最大値「2.36 (件/km)」であり、 $\Phi(x)$ は x に関する標準正規分布の累積確率分布関数であり、 λ は標準正規分布ヘシフトするパラメータの平均値を、 ξ は標準正規分布ヘシフトするパラメータの標準偏差を示す。

【0084】図 25 はパラメータ λ 、 ξ の値を示す。 $\lambda = 4.305$ であり、 $\xi = 4.509$ である。このパラメータは条件によって変えることができる。図 26 は、管種による補正係数 C_1 を示す図である。管種が「ねじ」である場合 $C_1 = 1.00$ とすると、管種が「ねずみ」である場合 $C_1 = 0.83$ 、管種が「ダク」である場合 $C_1 = 0.27$ 、管種が「GM」である場合 $C_1 = 0.02$ 、管種が「SGM」である場合 $C_1 = 0.07$ である。

【0085】図 27 は、該当メッシュの地形による補正係数 C_2 を示す図である。図 27 に示すように、「沖積平野」の C_2 を $C_2 = 1.00$ とすると、地形が「人工改変」である場合 $C_2 = 1.65$ 、「谷底平野」である場合 $C_2 = 2.24$ 、「良質地盤」である場合 $C_2 = 0.87$ である。

【0086】図 28 は当該メッシュの液状化層厚による補正係数 C_3 を示す図である。補正係数 C_3 は「デジタル」と「アナログ」に大分される。被害の実測値は液状化層厚 H の関数になっているが、この関数を離散的に表現する場合は「デジタル」であり、三角関数のような滑

$$\theta_h = \sum_{i=1}^n ((1/r_i^2) \cdot \theta_i) / \sum_{i=1}^n (1/r_i^2) \quad \dots (6)$$

ここで、 θ_h は液状化層厚率の補間結果であり、 θ_i は地点 i の液状化層厚率であり、 r_i は計算地点からセンサ地点 i までの距離である。

【0080】次に、管理サーバ 13 は、液状化層厚率の補間結果 θ_h と液状化層限界厚さ H_{lim} から、次式により液状化層厚 H を求め、その分布が求められる (ステップ 605)。

(7)

理サーバ 13 は、当該メッシュにおける各情報を取得し、メッシュ内で管種毎に被害率 R_m を求める (ステップ 701)。ここで、入力情報は、前述の解析で求められたメッシュ地表面 SI 値、メッシュ液状化層厚、及び地形データ、管路延べ長等である。被害率はガス管 1 km の長さあたりの被害件数を示す。

【0083】被害率 R_m は次式にて求められる。

らかな関数で表現する場合は「アナログ」とする。「デジタル」において液状化層厚 H の範囲が「1 m 以上 3 m 未満」の場合は $C_3 = 1.30$ 、「3 m 以上 7 m 未満」である場合 $C_3 = 2.40$ 、「7 m 以上」である場合 $C_3 = 3.60$ である。

【0087】また、「アナログ」の場合、液状化層厚 H の範囲が「0 m 以上 10 m 未満」の場合は $C_3 = (2.35 - 1.35 \times \cos(\pi H / 10))$ となり、「10 m 以上」である場合 $C_3 = 3.70$ である。

【0088】次に、管理サーバ 13 は、(8) 式によって算出した管種毎の被害率 R_m とガス管の延長とを乗じて被害箇所数を算出する (ステップ 702)。以上のように、管理サーバ 13 は各ガス管毎の被害状況を解析する。この解析は大地震発生時に迅速に行われ、リアルタイムに配信される配信データの作成に利用される。

【0089】(ステップ 213、ステップ 214) 前述の解析によるガス管の被害状況、或いはセンサ 31 やガス管や整圧器に設けられた計測器等からの計測情報等を基に、管理サーバ 13 は各地域に設置された整圧器 57 の遮断操作が必要な場合は遮断指令を出力する。遮断指令は通信網 10 等を介してセンサ 31-1、31-2、…等に伝達され、隣接する整圧器 57 が遮断される。

【0090】(ステップ 203、ステップ 204) 前述の解析によるガス管の被害状況、或いはセンサ 31 からの計測情報等を基に、管理サーバ 13 は配信データ 29 を作成し、データベース 28 に格納する。配信サーバ 15 は、ネットワーク 3 を介して、コンピュータ 41-1、41-2、…、携帯端末 9 等に配信データ 29 を配

信する。

【0091】コンピュータ41-1、41-2、…、或いは携帯端末9による配信データ29の表示方法はステップ203、ステップ204で述べたものと同様である。例えば、東京M市K町に住む住人が、大地震発生時に携帯端末9を用いてK町の被害状況等を検索する場合について述べる。

【0092】住人は、携帯端末9から東京M市K町を指定し、携帯端末9の画面上に地域の拡大図999を表示させる。図30は、配信サーバ29によって携帯端末9に配信される配信データの一例を示す図である。住人は、M市を中心とする地域における計測震度801、S I値802、液状化803、家屋の被害状況804、埋設管（ガス管等）の被害状況805等の情報をゾーニングマップの形式で携帯端末9に表示させることができる。

【0093】このように、本システムを用いれば、大地震発生時に、任意の地点の震度だけでなく、被害状況等の情報もリアルタイムに得ることができる。

【0094】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように本発明によれば、センサが計測した情報を基に高精度な解析を行い、ゾーニングマップ等を更新し、かつ大地震が起きた場合に、そのゾーニングマップを基に任意地点の地震情報をリアルタイムに配信することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る情報通信システム1の概略構成図

【図2】情報通信システム1による情報収集及び配信処理の概要を示すフローチャート

【図3】情報通信システム1による情報収集及び配信処理の概要を示すフローチャート

【図4】センサ31の外観を示す図

【図5】センサ31の設置箇所を説明するための図

【図6】センサ31の内部構造を示す図

【図7】センサ31の機能を示す図

【図8】速度応答ベクトルと周期を示す図

【図9】センサ地点の共通基盤S I値の計算手順を示すフローチャート

【図10】メッシュを示す図

【図11】メッシュ地表面S I値分布の計算手順を示す

フローチャート

【図12】センサ31-1から5kmの範囲を示す図

【図13】観測データによる揺れ易さの修正を説明するための図

【図14】東京近郊の地形分布（ゾーニングマップ）を示す図

【図15】S I値増幅度分布（ゾーニングマップ）を示す図

10 【図16】地表面S I値分布（ゾーニングマップ）を示す図

【図17】地表面S I値分布（ゾーニングマップ）を示す図

【図18】地表面S I値分布（ゾーニングマップ）を示す図

【図19】配信データ29のブラウズ方法を説明するための図

【図20】センサ地点の液状化層厚の計算手順を示すフローチャート

20 【図21】東京東部における液状化層限界厚さを示す図
【図22】液状化層厚分布の計算手順を示すフローチャート

【図23】液状化層厚分布を示す図

【図24】ガス管の被害状況を計算する手順を示すフローチャート

【図25】補正パラメータ λ 、 δ を示す図

【図26】管種による補正係数を示す図

【図27】地形による補正係数を示す図

【図28】液状化層厚による補正係数を示す図

【図29】地図を示す図

30 【図30】配信データ29の一例を示す図

【符号の説明】

1 ……情報通信システム

3 ……ネットワーク

5 ……管理会社

7-1、7-2 ……クライアント

9 ……携帯端末

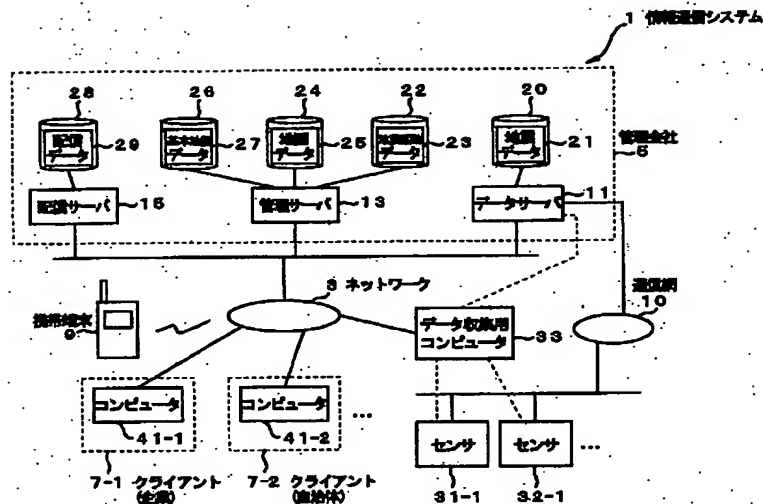
11 ……データサーバ

13 ……管理サーバ

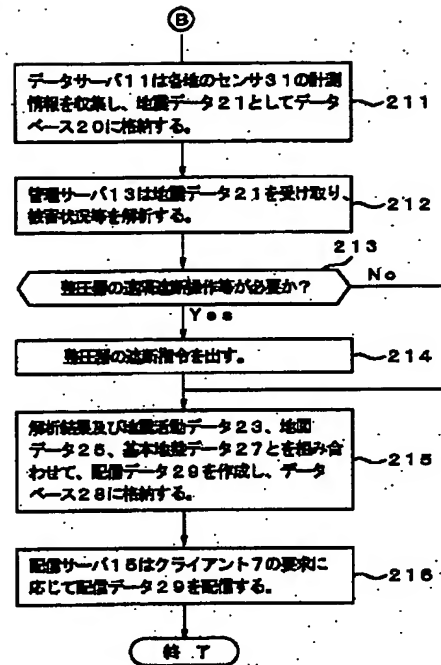
15 ……配信サーバ

40 31-1、31-2 ……センサ

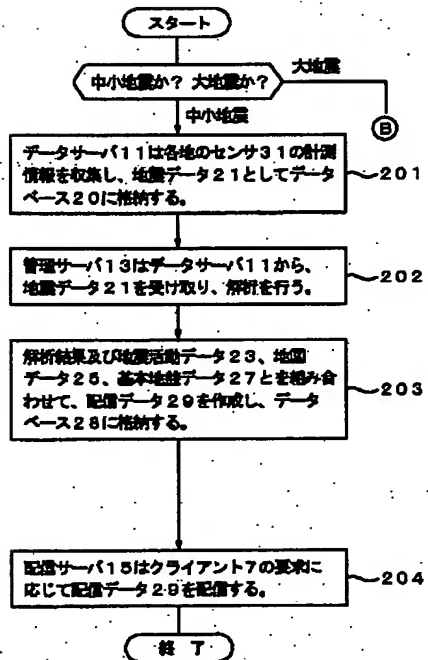
【図 1】



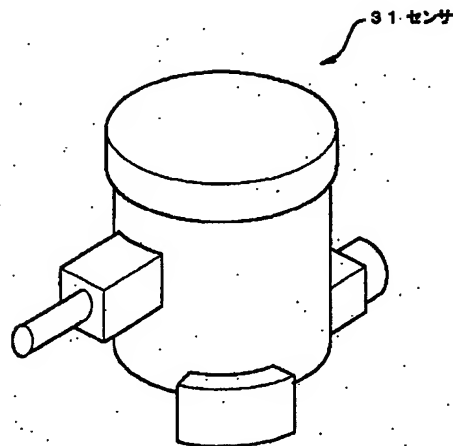
【図 3】



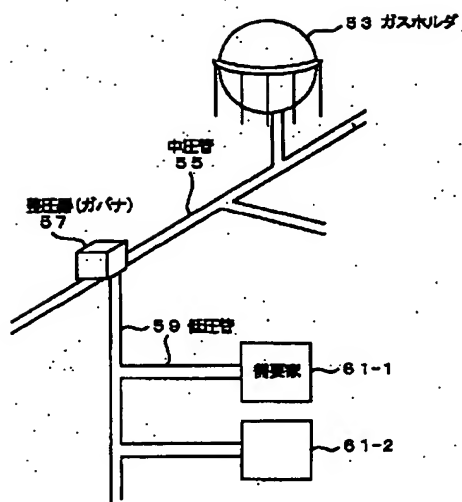
【図 2】



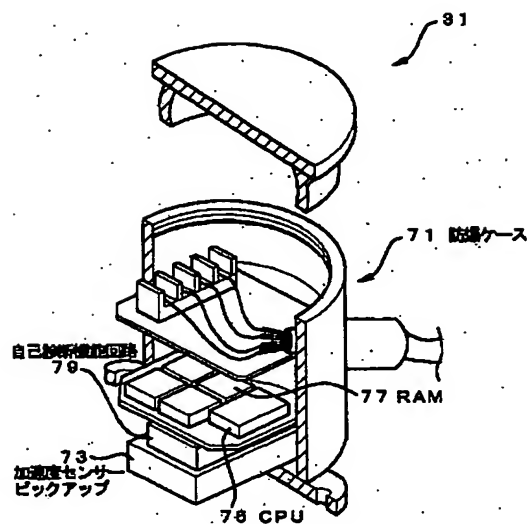
【図 4】



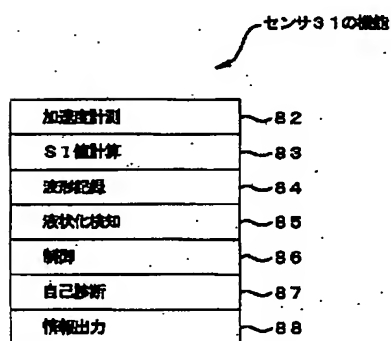
【図 5】



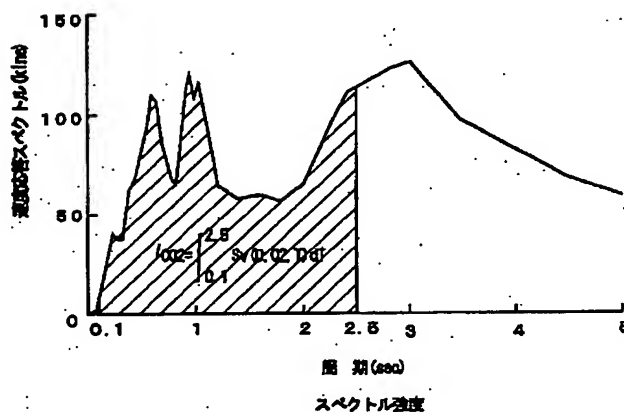
【図 6】



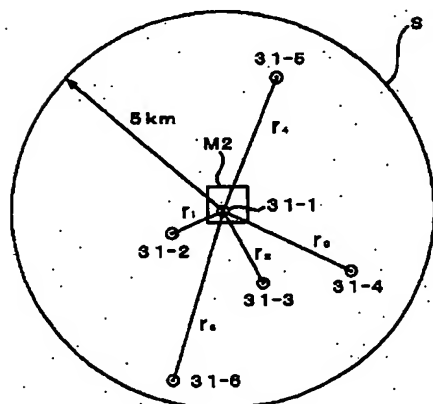
【図 7】



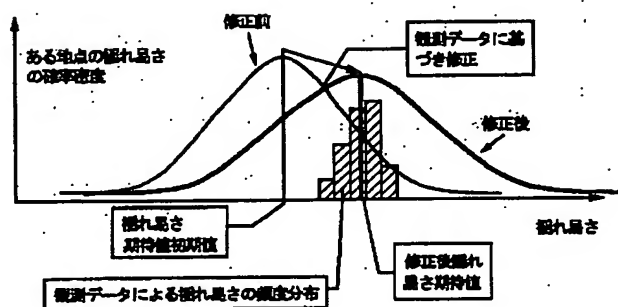
【図 8】



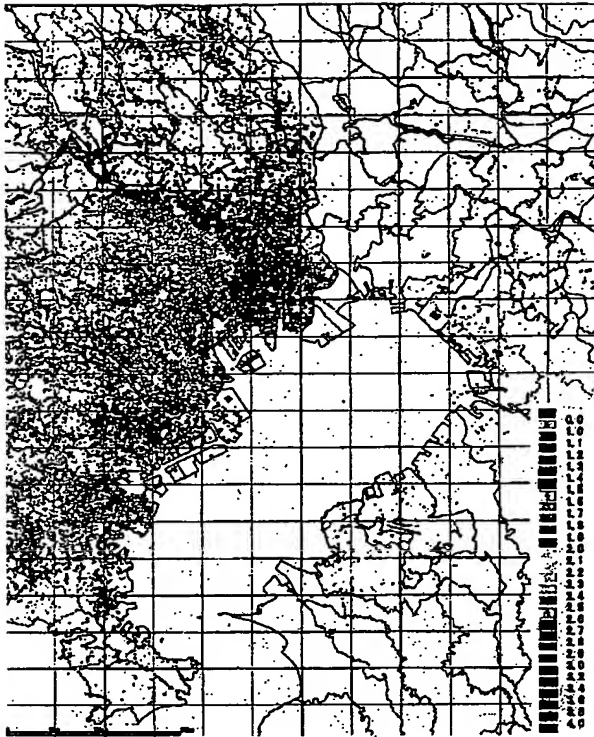
【図 12】



【図 13】

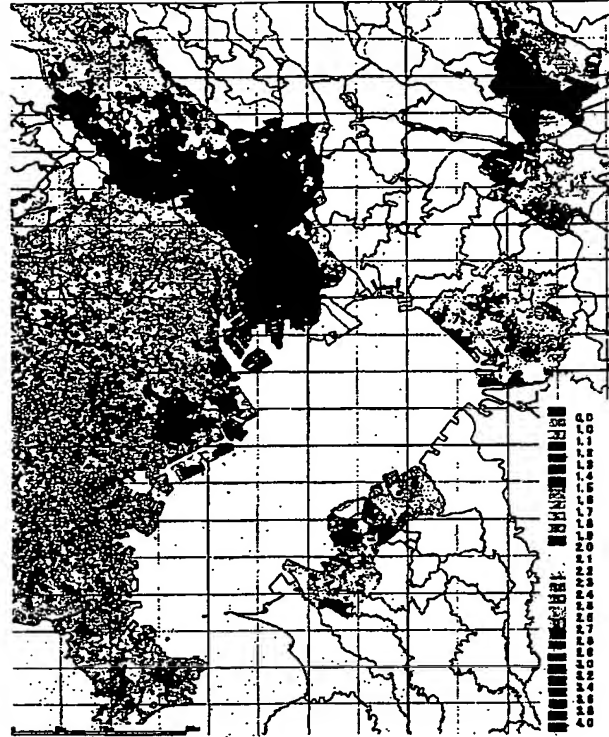


【図15】

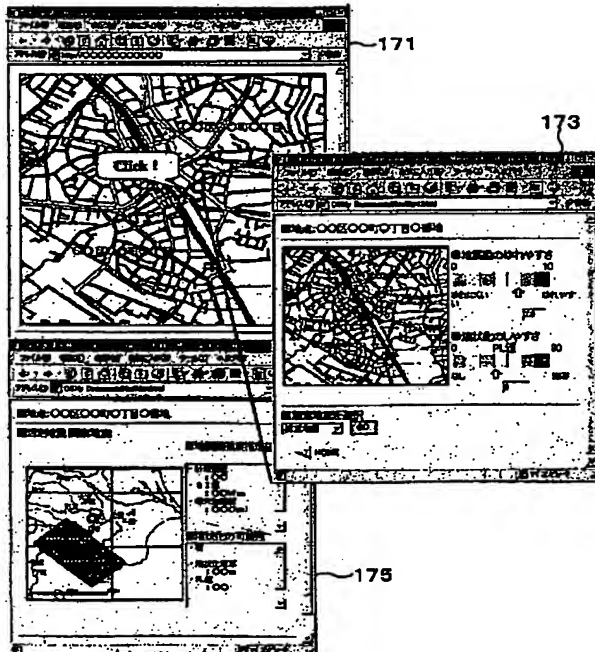


ボーリング地点増幅度 (ary)

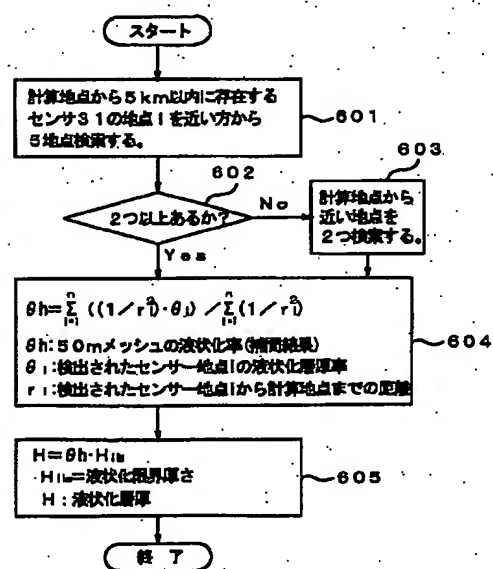
【図16】

最大距離=5km, 最大参照点数=5,
最小参照点数=0 (arv01)

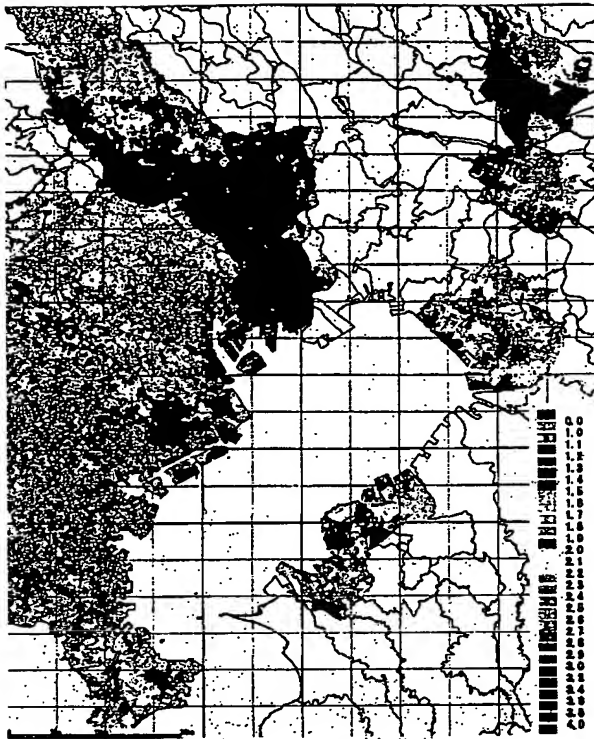
【図19】



【図22】

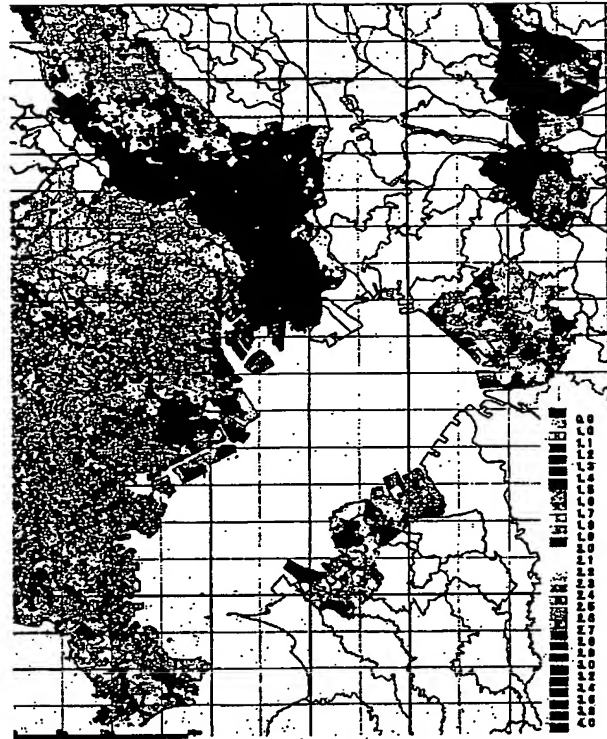


【図17】



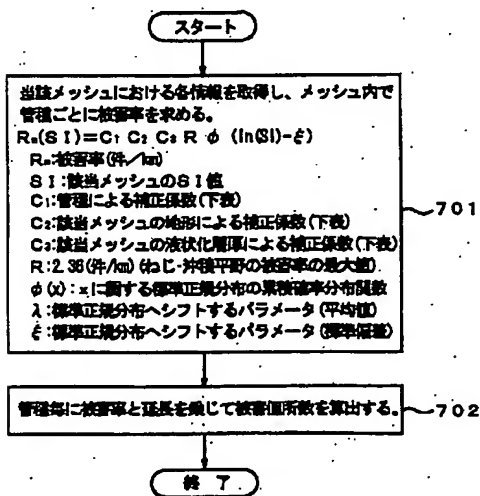
最大距離=5km, 最大参照点数=5,
最小参照点数=2 (arv02)

【図18】



最大距離=2km, 最大参照点数=5,
最小参照点数=0 (arv00)

【図24】



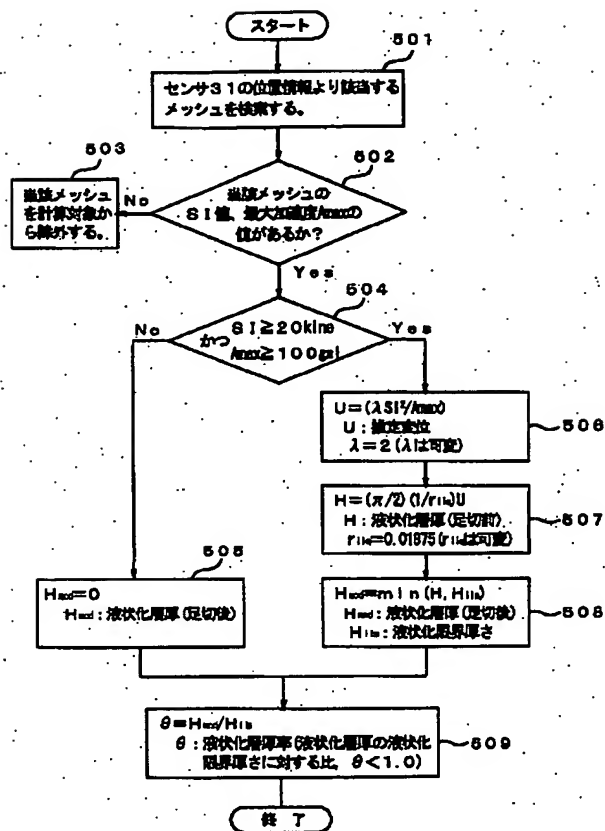
【図25】

補正パラメータ	
λ	4.305
ϵ	4.509

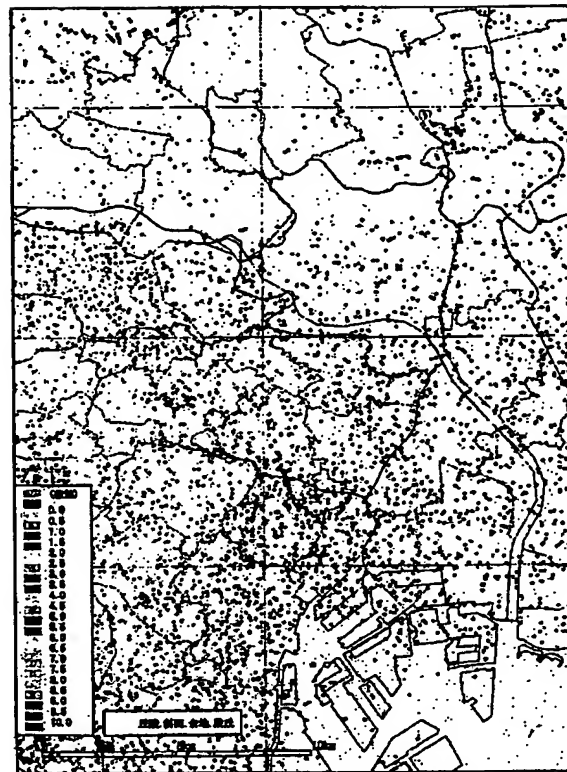
【図26】

管種 (C)	
ねじ	1.00
ねずみ	0.83
ダク	0.27
GM	0.02
SGM	0.07

【図 20】



【図 21】



ボーリング地点の液状化層厚 (東京東部低地)

【図 27】

微地形 (Cs)		
人工造成	1.65	台地、丘陵地の大規模造成
谷地平野	2.24	幅数百m程度の(比較的狭い)谷に沿った地域
沖積平野	1.00	沖積日に該当しない沖積平野
良質地盤	0.87	液状化層N値10以上のかんりしまった沖積平野 また、液状化以前の造成していない丘陵地

【図 28】

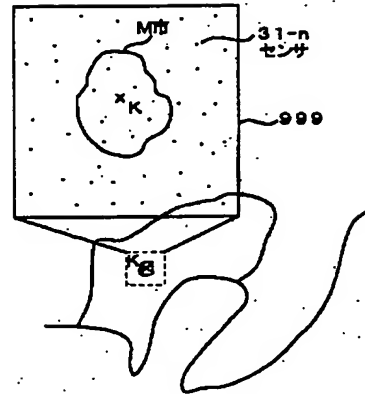
液状化層厚 (Cs)		
デジタル	$1 \leq H < 3$	1.30
	$3 \leq H < 7$	2.40
	$7 \leq H$	3.60
アナログ	$0 \leq H < 10$	$2.35 - 1.35 \cos(\pi H / 10)$
	$10 \leq H$	3.70

【図 23】

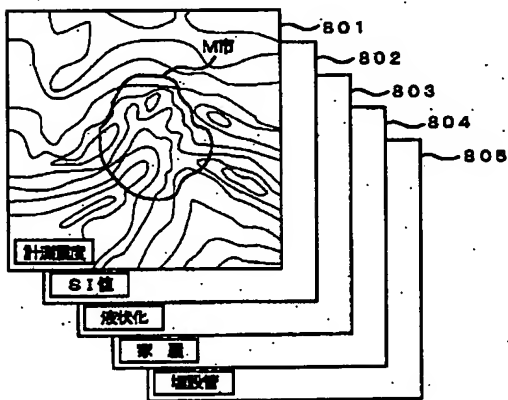


液状化層厚境界の推定計算結果 (東京東部低地)

【図 29】



【図 30】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

G 0 8 C 15/00

G 0 8 C 15/00

E

// G 0 8 B 21/10

G 0 8 B 21/10

(72)発明者 清水 善久

東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯
株式会社内

(72)発明者 高田 充

東京都新宿区西新宿三丁目7番1号 株式
会社ティージー情報ネットワーク内

(72)発明者 小金丸 健一

東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯
株式会社内

F ターム(参考) 2F073 AA19 AA33 AA40 AB01 BB09

CC03 CC14 DD03 EF09 FG01

FG02 GG01 GG04 GG08

(72)発明者 中山 渉

東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯
株式会社内

5B075 ND04 PQ32 UU13

5C086 AA13 BA30 CA23 CB40 DA14

DA40 EA41 EA45 FA18

(72)発明者 磯山 龍二

東京都中野区本町5丁目33番11号 日本技
術開発株式会社内

5C087 AA03 AA09 AA24 BB12 BB18

BB74 DD02 EE05 EE15 FF01

FF02 FF04 FF17 FF19 FF20

(72)発明者 石田 栄介

東京都中野区本町5丁目33番11号 日本技
術開発株式会社内

GG08 GG11 GG14 GG23 GG31

GG66 GG67